

К ВЫБОРУ КОНСТРУКЦИИ ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ КАБИНЫ ЛИФТА

Гайфутдинов А.Р., Денисенко В.И.
УрФУ, e-mail: alexzander@mail.ru

В ФГУП НПОА «ОКБ Автоматика» разработан вентильный двигатель кабины лифта обращенной конструкции мощностью 4 кВт (рис. 1). Главной особенностью двигателя такой конструкции является ротор, охватывающий снаружи статор [1]. Ротор изготавливается с использованием постоянных магнитов из материалов неодим-железо-бор. В такой конструкции отсутствуют проблемы, связанные с креплением постоянных магнитов на роторе, магниты крепятся на ротор с помощью специального клея. Магниты выполняют функцию возбуждителя, поэтому у двигателя отсутствует обмотка возбуждения и щеточный токоснимающий контакт. Статор имеет конструкцию, подобную конструкции якоря машины постоянного тока (рис. 2). Он состоит из корпуса с полым валом, сердечника из электротехнической стали и трехфазной обмотки, уложенной в пазы по внешнему периметру сердечника. Для снижения удельных потерь, уровня механических шумов, уменьшения реактивных моментов трехфазная обмотка статора распределяется в пространстве таким образом, чтобы обеспечить форму магнитного поля, близкую к синусоидальной. Это достигается за счет определенного соотношения числа зубцов статора и полюсов ротора в соответствии с патентом [2].

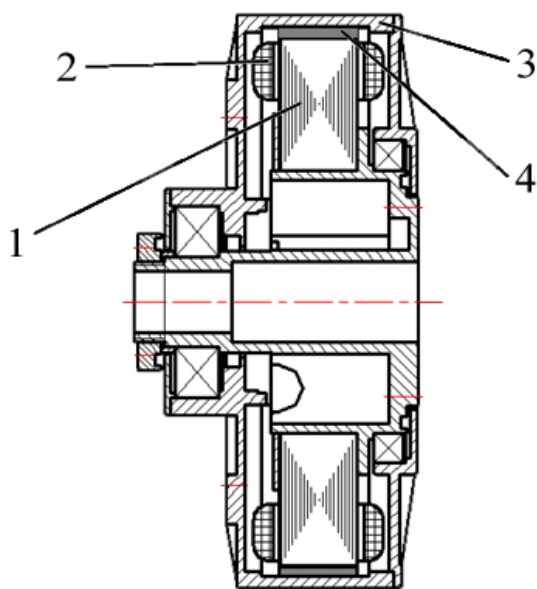


Рис. 1. Конструкция вентильного двигателя кабины лифта:

1 – статор; 2 – обмотка статора;
3 – ротор; 4 – постоянный магнит



Рис. 2. Сегмент сердечника статора вентильного двигателя

Главным достоинством конструкции двигателя являются низкие шумы за счет применения обращенной конструкции и запатентованной обмотки.

Однако вентильный двигатель данной конструкции имеет существенные недостатки:

- высокая стоимость из-за применения постоянных магнитов;
- применение всыпной обмотки в глубокие пазы статора;
- проблемы обеспечения допустимого уровня нагрева обмотки статора: основной тепловой поток во внешний воздух идет преимущественно через ротор. В обращенной конструкции создаются дополнительные перепады температуры, что приводит к значительному перегреву обмотки статора. Как показали испытания опытно-промышленного образца двигателя, перегрев обмотки статора значительно превышал допустимые значения. Это потребовало использования ряда технических решений для интенсификации охлаждения.
- сложность конструкции и технологии изготовления;
- применение разных по габаритам подшипников.

Недостатками постоянных магнитов является их высокая стоимость и хрупкость. Высокая цена материалов для постоянных магнитов определяется применением в нём дорогих редкоземельных металлов, основные запасы которых находятся в недрах Китая. В настоящее время стоимость постоянных магнитов относительно невелика, но с течением времени Китай будет контролировать производство и определять стоимость постоянных магнитов.

Применение постоянных магнитов усложняет технологию изготовления двигателя. На участках изготовления ротора и сборки требуется высокий уровень чистоты и отсутствие металлической пыли и стружки. Из-за сил магнитного тяжения, возникающих вблизи стальных деталей и сердечников, достигающих десятков и сотен килограмм, при сборке ротора с постоянными магнитами требуются специальные приспособления, а также специальное оборудование для заведения статора в ротор.

Применение всыпной обмотки статора и укладка ее в узкий и глубокий паз (рис. 2) снижает надежность двигателя и усложняет технологию изготовления. При укладке витков через узкий шлиц паза и необходимости рихтовки катушек появляется вероятность повреждения изоляции провода. Из-за неконтролируемой укладки витков напряжение соседних витков может быть равным напряжению катушки. Это повышает вероятность пробоя изоляции. Кроме того, обращенная конструкция двигателя потребовала снижения габаритов статора и повышения плотности тока в обмотке, что увеличивает электрические потери и создает проблемы по обеспечению допустимого уровня нагрева.

Таким образом, надо рассматривать альтернативные конструкции двигателей, где отсутствуют постоянные магниты и всыпные обмотки.

Для исключения вышеперечисленных недостатков на кафедре «Электрические машины» было принято решение применить в качестве двигателя кабины лифта мощностью 4 кВт вентильный индукторный двигатель. Вентильный индукторный двигатель (ВИД) – это индукторная синхронная машина, в которой преобразование энергии осуществляется за счет изменения индуктивностей об-

моток, расположенных на явно выраженных зубцах статора, при перемещении относительно них зубчатого магнитопровода ротора. В основе принципа действия ВИД лежит физическое явление, проявляющееся в том, что на ферромагнитное тело в магнитном поле действует механическая сила притяжения (электромагнитная), которая стремится переместить это тело в область с наибольшей интенсивностью поля [3].

Конструкция этого типа двигателя исключает вышеперечисленные недостатки и имеет следующие достоинства в отличие от предыдущей конструкции двигателя:

- отсутствие всыпной обмотки;
- простота и технологичность конструкции;
- низкая себестоимость;
- большой срок службы, высокая надёжность и ремонтпригодность, и повышенный ресурс работы;
- низкий перегрев электродвигателя.

Недостатком такой конструкции является достаточно высокий уровень электромагнитных шумов и вибраций.

Магнитная система вентильного индукторного двигателя состоит из шихтованных сердечников статора и ротора, имеющих явно выраженные зубцы (рис. 3).

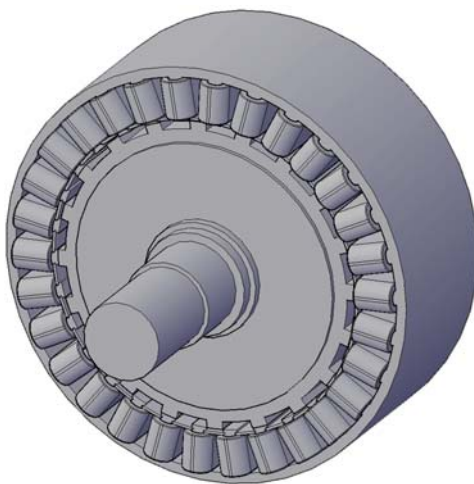


Рис. 3. Статор и ротор вентильного индукторного двигателя

Ротор расположен внутри статора. На роторе отсутствуют обмотки, постоянные магниты и какие бы то ни было системы возбуждения (такой ротор называют пассивным). Из-за большого внутреннего диаметра сердечника ротора, сердечник насаживается на втулку, а втулка уже на вал. На зубцах сердечника статора размещена обмотка статора в виде простейшей формы отдельных сосредоточенных катушек. При изготовлении обмотки статора катушки послойно наматываются на шаблон, заливаются, запекаются, насаживаются на зубцы статора и крепятся с помощью клина. При такой упорядоченной намотке напряжение между соседними витками не превышает напряжения двух слоев, следова-

тельно, уменьшается вероятность пробоя. При применении сосредоточенных катушек обмотки уменьшается трудоёмкость изготовления, увеличивается надёжность и срок службы двигателя. В магнитном отношении катушки фазы могут быть соединены встречно или согласно, а в электрическом – параллельно или последовательно. Значительно упрощается сборка такого двигателя.

В данной конструкции двигателя применяется меньшая плотность тока (применяется провод обмотки большего диаметра из-за простоты технологии изготовления обмотки), что снижает электрические потери и нагрев обмотки.

Основной тепловой поток во внешний воздух идет преимущественно через сердечник статора и станину. Заданный тепловой режим обеспечивается за счет охлаждения станины. В данной конструкции перегрев обмотки статора не превышает допустимых значений.

Борьба с электромагнитными шумами достигается выбором правильного соотношения зубцов статора и ротора, а также выбором формы зубцов и зубцовых наконечников.

Библиографический список

1. Носкова М.И., Копытин П.А., Денисенко В.И. Влияние конструкции на тепловое состояние вентильного безредукторного двигателя кабины лифта // Электромеханические и электромагнитные преобразователи энергии и управляемые электромеханические системы: сборник научных трудов IV Международной научно-технической конференции. Екатеринбург, УрФУ, 2011, С. 198-203, ISBN 978-5-321-01909-2
2. Патент RU 2280936 С2 Н02К 1/16 (2006.01).
3. Проектирование вентильных индукторных двигателей: методическое пособие. / Фисенко В.Г., Попов А.Н. М.: Издательство МЭИ, 2005. 56 с.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ВЕНТИЛЬНОГО ИНДУКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ КАБИНЫ ЛИФТА.

*Гайфутдинов А.Р., Денисенко В.И.
УрФУ, e-mail: alexzanderg@mail.ru*

На кафедре «Электрические машины» разработан эскизный проект вентильного индукторного двигателя (ВИД) и проведена технико-экономическая оценка целесообразности его применения в качестве двигателя кабины лифта по сравнению с вентильным двигателем на постоянных магнитах (ВДПМ) обращенной конструкции. Оба двигателя имеют мощность 4 кВт и номинальную частоту вращения 60 об/мин.

Выбор геометрических размеров ВИД выполнен на основе методики проектирования, приведенной в [1]. Для определения параметров и основных характеристик разработана программа электромагнитного расчета ВИД на базе пакета Mathcad 14.

Основные технико-экономические показатели ВИД и ВДПМ приведены в таблице.